



# 海博士压载水管理系统 船上试验报告



编制: 于永波 20131129  
校对: 李宇 20131129  
审核: 刘明 20131129  
批准: 张代义 20131129

九江精密测试技术研究所

2013年 11 月

## 目录

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. 试验系统</b> .....                            | <b>2</b>  |
| 1.1 试验船舶.....                                   | 2         |
| 1.1.1 船舶信息.....                                 | 2         |
| 1.1.2 试验航线.....                                 | 2         |
| 1.2 受试设备.....                                   | 2         |
| 1.2.1 基本单元.....                                 | 2         |
| 1.2.2 比例单元.....                                 | 3         |
| 1.2.3 设备介绍.....                                 | 3         |
| 1.3 试验设施.....                                   | 3         |
| 1.4 取样装置.....                                   | 4         |
| <b>2. 试验循环</b> .....                            | <b>5</b>  |
| 2.1 加装处理.....                                   | 5         |
| 2.2 储存.....                                     | 5         |
| 2.3 排放.....                                     | 5         |
| 2.4 防止循环间相互影响的措施.....                           | 6         |
| <b>3. 实验内容</b> .....                            | <b>6</b>  |
| 3.1 试验前评估.....                                  | 6         |
| 3.2 船上试验.....                                   | 6         |
| 3.3 检测项目.....                                   | 6         |
| 3.4 检测标准.....                                   | 7         |
| 3.5 试验评估.....                                   | 7         |
| 3.6 试验时间安排.....                                 | 8         |
| <b>4. 试验取样</b> .....                            | <b>8</b>  |
| 4.1 取样.....                                     | 8         |
| 4.2 取样量.....                                    | 9         |
| 4.3 样品编号.....                                   | 10        |
| <b>5. 检测与分析</b> .....                           | <b>10</b> |
| 5.1 检测单位.....                                   | 10        |
| 5.2 样品检测.....                                   | 11        |
| <b>6. 试验过程记录</b> .....                          | <b>11</b> |
| 6.1 试验记录与取样记录.....                              | 11        |
| 6.2 试验过程中系统的运行、维护与修理.....                       | 11        |
| <b>7. 试验结果</b> .....                            | <b>16</b> |
| 7.1 生物有效性分析结果.....                              | 16        |
| 附件：4.2.2.1 shipboard test report provided by TO |           |

依据 IMO 发布的《压载水管理系统认可导则》(G8) 和中国船级社发布的《船舶压载水管理系统型式认可指南》的要求, 拟申请在船舶上安装的船舶压载水管理系统需进行型式认可。

九江精密测试技术研究所根据 G8 导则和《船舶压载水管理系统型式认可指南》的要求, 对海博士压载水管理系统进行船上试验, 以检测海博士压载水管理系统的性能和实船处理效果。确保压载水管理系统不会危害船舶安全及人员健康, 也不会对环境和公众健康造成危害, 并且压载水管理系统的处理效果能满足《2004 年国际船舶压载水和沉积物控制和管理公约》D-2 标准的要求。

试验完成后, 将船上试验报告、陆基试验报告和环境试验报告一起提交到中国船级社, 对海博士压载水管理系统进行型式认可。

## 1. 试验系统

### 1.1 试验船舶

#### 1.1.1 船舶信息

试验船舶: 顺安 328 号干货船

船旗国: 中国

船级社: 中国船级社

船舶所有人: 安庆顺安海运有限公司

压载泵: 1000m<sup>3</sup>/h

压载舱: 300m<sup>3</sup>\*2, 600m<sup>3</sup>\*2

#### 1.1.2 试验航线

试验船舶主要航行于国内沿海和长江水域, 试验过程中, 试验船舶航行于国内沿海舟山、连云港、青岛、大连等港口, 试验水域涉及东海、黄海、渤海等海域, 在港口或附近水域进行压载和排放试验。

### 1.2 受试设备

#### 1.2.1 基本单元

HBS-250 型海博士压载水管理系统

额定处理能力 (TRC): 250m<sup>3</sup>/h

### 1.2.2 比例单元

HBS-500 型海博士压载水管理系统

额定处理能力 (TRC): 500m<sup>3</sup>/h

### 1.2.3 设备介绍

海博士压载水管理系统主要由过滤单元、光催化反应单元、控制单元及取样装置等组成。

各单元之间可根据需要灵活组合,既可通过公用底座实现集中式安装,适应新造船选型,也可根据船舶的实际安装空间,进行分体式安装,适应现有船改造。系统总布置图如下图所示:

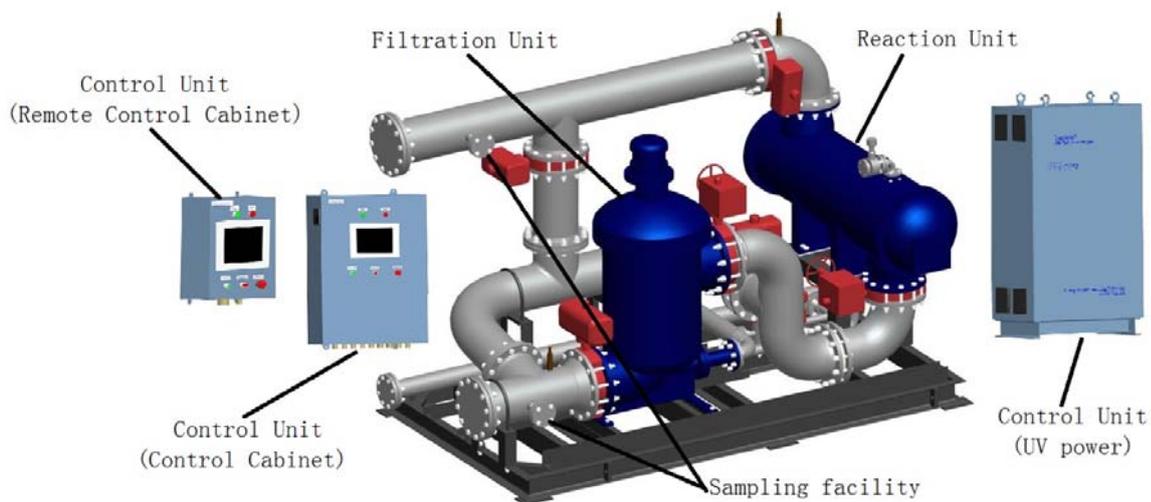
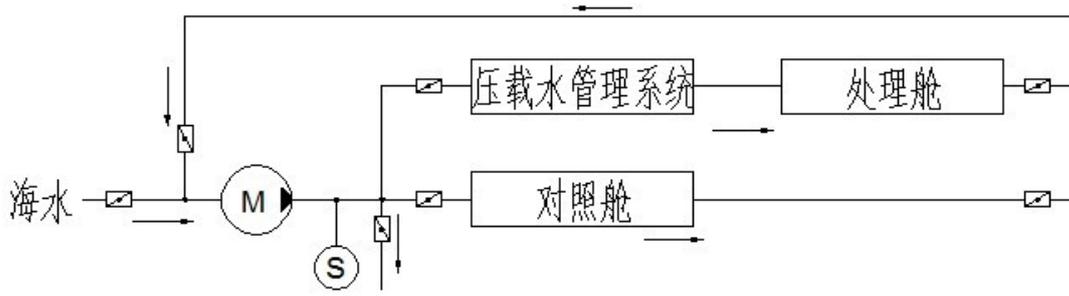


图 1 压载水管理系统结构示意图

### 1.3 试验设施

试验设施主要由压载泵、海博士压载水管理系统、处理舱、对照舱、取样装置等组成。被测试设备(海博士压载水管理系统)通过阀门和管路串接到试验船舶的压载水管路系统中。



M: 压载泵; S: 取样装置;

图 2 试验设施示意图

试验设施可以实现压载水通过压载泵，流经压载水管理系统，最后进入压载舱。未经处理的压载水通过旁通管路进入对照舱。压载水排放时，处理舱和对照舱中的压载水直接排出舷外。

两种试验设备分别对应的处理舱和对照舱如下表所示：

表格 1 试验处理舱和对照舱信息

| 设备型号    | 压载泵                   | 处理舱                  | 对照舱                  |
|---------|-----------------------|----------------------|----------------------|
| HBS-250 | 1000m <sup>3</sup> /h | 2# 300m <sup>3</sup> | 1# 300m <sup>3</sup> |
| HBS-500 | 1000m <sup>3</sup> /h | 4# 600m <sup>3</sup> | 3# 600m <sup>3</sup> |

试验设施中，为保证试验过程中对“海博士”压载水管理系统的额定处理能力进行试验，压载泵流量（1000m<sup>3</sup>/h）大于试验设备的处理能力，在进行试验时，对压载泵出口的海水进行分流，一部分通过管路进入试验系统，一部分通过分流通路直接排出舷外。

试验过程中，依据具体航线情况和天气、风浪等原因，确定实际压载和排放的压载舱及舱内压载水的总量。

## 1.4 取样装置

在压载管路中设置取样装置 S，分别用于采集流入水、对照水、处理舱排放水和对照舱排放水。取样装置的设计满足 G2 导则，结构形式如图 5.2 所示。

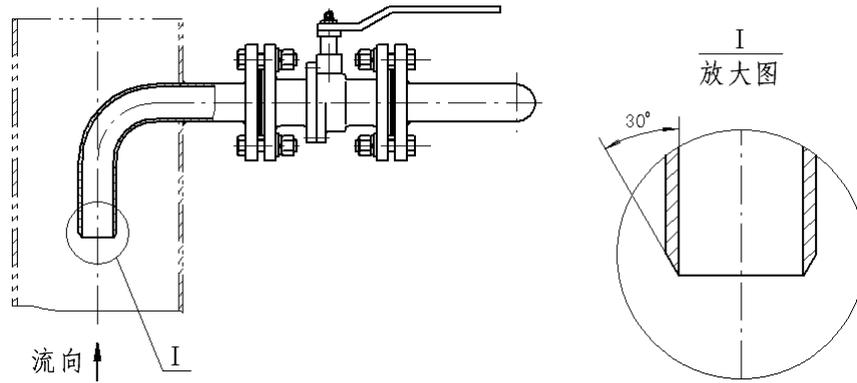


图 3 取样装置图

## 2. 试验循环

被测试设备装船后，被测试设备会自动记录每次的使用情况信息，并将被测试设备的使用过程中的重要参数记录在存储器中，参数包括压载或排放时间、流量、压载水总量等。

海博士压载水管理系统装船后，在首次使用时，系统记录使用过程的信息，以首次正式使用的时间作为试验开始时间。试验过程中，系统自动记录每次使用的时间和其他参数信息。基本单元试验时间不少于 6 个月，缩放单元试验时间不少于 3 个月。压载水管理系统基本单元和缩放单元分别选择不少于 3 次的试验循环，一个完整的测试循环需包括加装处理、储存和排放压载水等阶段

### 2.1 加装处理

船舶在需要加装压载水时，启动压载泵和压载水管理系统，压载水由压载泵泵入压载水管理系统，经压载水管理系统处理后，经管路流进压载舱。并且，需要通过压载泵从海里泵取部分未经压载水管理系统处理的海水进入对照舱。

### 2.2 储存

处理过的压载水在压载舱中存放直至需要排放时，未经处理的压载水在对照舱中存放直至需要排放时。

### 2.3 排放

处理过的压载水通过压载泵直接排出舷外，未经处理的压载水通过压载泵直接排出舷外。

## 2.4 防止循环间相互影响的措施

为了体现每个试验循环的独立性，防止试验循环间和各个阶段间相互影响，在试验循环过程中，应在试验管路冲洗 5-10 分钟后进行采样。在每个循环中的各个阶段结束后，需对管路、取样装置等进行清洗。在每个试验循环结束后，需对压载水管理系统、压载舱和对照舱进行清洗。

## 3. 实验内容

### 3.1 试验前评估

压载水管理系统按照安装技术要求安装，安装工艺符合中国船级社规范的相关要求。压载水管理系统进口和出口符合泵系和管系布置图中标示的位置。

压载水管理系统在船上安装完成后应进行运转试验，包括控制和监测设备工作、安全报警试验、运转试验。

### 3.2 船上试验

海博士压载水管理系统型式认可的船上试验（包括无效和不成功试验循环）的时间跨度不少于 6 个月，且至少应进行符合《2004 年国际船舶压载水和沉积物控制和管理公约》第 D-2 条规定的 3 个连续有效试验循环。一个完整的船上试验循环包括加装处理、储存和排放，并在试验循环过程中对压载水取样，检测经处理的压载水是否满足 D-2 标准。

每个试验循环原水特征需测量盐度（PSU）、温度（T）、有机碳颗粒（POC）和总悬浮固体（TSS）。具体的原水的测量结果见上海海洋大学出具的检测报告。

### 3.3 检测项目

(1)生物有效性检测项目：

- ①尺寸大于或等于 50 微米的生物个数
- ②尺寸小于 50 微米但大于或等于 10 微米的生物个数
- ③霍乱弧菌个数
- ④大肠杆菌个数

⑤肠道球菌个数

(2)水质项目

①盐度

②温度

③颗粒有机碳 (POC)

④总悬浮物 (TSS)

### 3.4 检测标准

依据《压载水管理系统认可导则》(G8)对船上试验的要求来评估压载水管理系统的生物有效性。经压载水管理系统处理后的排放水中的微生物及细菌浓度应符合压载水公约 D-2 标准:

(1)每立方米排放水中所含的最小尺寸大于或等于 50 微米的活性有机物少于 10 个;

(2)每毫升排放水中所含的最小尺寸小于 50 微米但大于或等于 10 微米的活性有机物少于 10 个;

(3)作为人体健康标准,指示剂微生物浓度应小于下列值:

①产生有毒物质的弧菌性霍乱(血清型 01 和 0139),每 100 毫升排放水中少于 1 群体形成单位(cfu),或每 1 克(湿重)浮游生物样品中少于 1 cfu。

②大肠埃希氏杆菌,每 100 毫升排放水中少于 250 cfu。

③肠道球菌素,每 100 毫升排放水中少于 100 cfu。

### 3.5 试验评估

(1)基本单元(HBS-250 型海博士压载水管理系统)试验循环(包括无效和不成功试验循环)的时间跨度不得少于 6 个月(比例单元 HBS-500 型海博士压载水管理系统试验循环的时间跨度不得少于 3 个月),且至少应进行符合公约第 D-2 条规定的 3 个连续有效试验循环。无效的试验循环不影响连续的顺序。

(2)每个试验循环原水特征应通过测量盐度(PSU)、温度(T)、有机碳颗粒(POC)和总悬浮固体(TSS)来体现。

(3)船上试验循环中试验的压载水量应与船舶正常压载操作一致,压载水管理系统应以其拟认可的额定处理能力工作。

(4)证明压载水管理系统的功率处于其预计处理额定功率范围内的文件。

(5) 试验有效性评估—当流入水中存活生物密度应超过公约规则 D-2.1 标准最大许可值的 10 倍，对照舱排放水中的存活生物密度超过公约规则 D-2.1 的规定值时，试验才是有效的。

(6) 试验合格性评估—3 个连续有效的试验循环处理的压载水排放均符合公约第 D-2 条规定。

### 3.6 试验时间安排

海博士压载水管理系统船上试验时间表如下：

表 2 船上试验时间表

| 时间         | 试验内容                    |
|------------|-------------------------|
| 2013 年 3 月 | 设备安装调试                  |
| 4 月-10 月   | HBS-250 型海博士压载水管理系统船上试验 |
| 4 月-10 月   | HBS-500 型海博士压载水管理系统船上试验 |

## 4. 试验取样

### 4.1 取样

在一个完整的试验测试循环中，需在加装处理过程中采集流入水水样，在排放过程时采集处理舱排放水和对照舱排放水的水样。取样过程由具有检测资质的采样人员完成。取样点如图 5.3 所示：

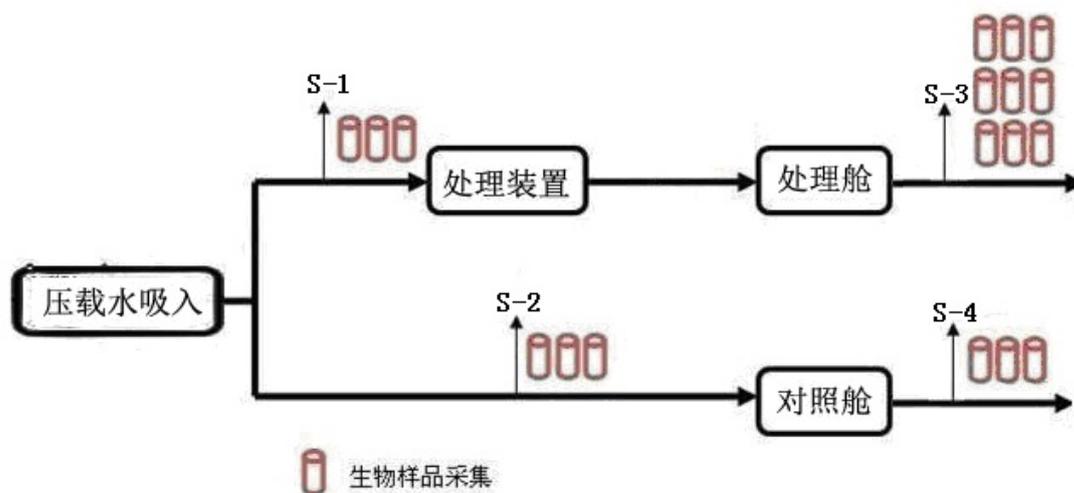


图 4 生物有效性检测水样取样点

- S-1: 流入水;
- S-2: 对照水;
- S-3: 处理舱排放水;
- S-4: 对照舱排放水

## 4.2 取样量

为了体现采集样品的有代表性和随机性,对水样采集时,应先管路进行冲洗,冲洗 5-10 分钟后开始采样。

在对流入水和对照水进行取样时,分别在压载的开始、中间和结束阶段各采集 1 份流入水样品。在对处理舱排放水进行取样时,分别在排放的开始、中间和结束阶段各采集 3 份排放水样品。在对对照舱排放水进行取样时,分别在排放的开始、中间和结束阶段各采集 1 份排放水样品。

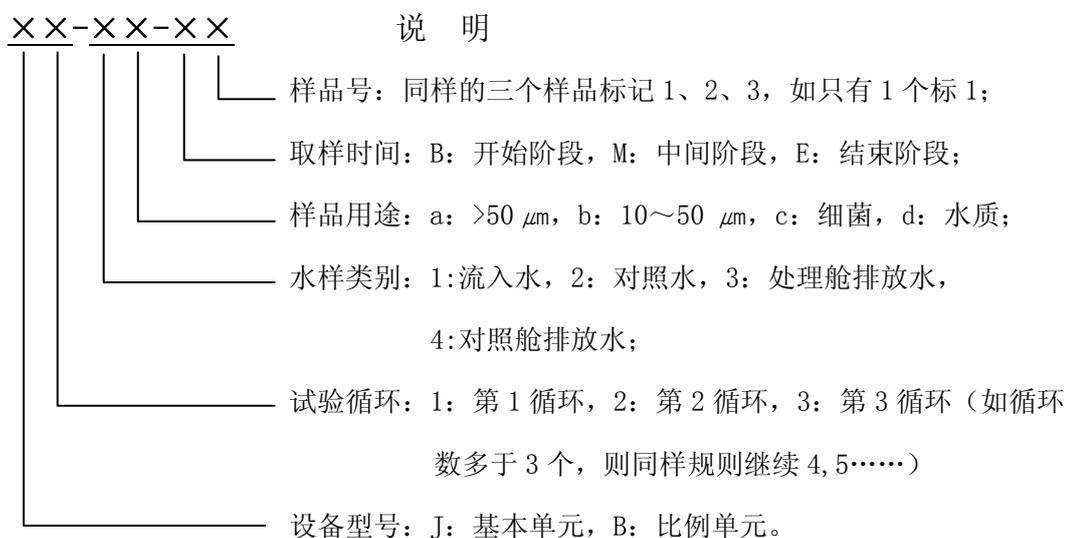
检测水样的取样体积如下:

表 3 检测水样取样量

| 水 样    |   | 取样点 | ≥50 微米             | 10~50 微米 | 细菌       | 水质   |
|--------|---|-----|--------------------|----------|----------|------|
| 流入水    |   | S-1 | 1m <sup>3</sup> ×3 | 10L×3    | 1000ml×3 | 5L×3 |
| 对照水    |   | S-2 | 1m <sup>3</sup> ×3 | 10L×3    | 1000ml×3 | 5L×3 |
| 处理舱排放水 | 前 | S-3 | 1m <sup>3</sup> ×3 | 10L×3    | 1000ml×3 | 5L×3 |
|        | 中 | S-3 | 1m <sup>3</sup> ×3 | 10L×3    | 1000ml×3 | 5L×3 |
|        | 后 | S-3 | 1m <sup>3</sup> ×3 | 10L×3    | 1000ml×3 | 5L×3 |
| 对照舱排放水 |   | S-4 | 1m <sup>3</sup> ×3 | 10L×3    | 1000ml×3 | 5L×3 |

## 4.3 样品编号

样品编号按照如下规则：



## 5. 检测与分析

### 5.1 检测单位

委托上海海洋大学压载水检测试验室在试验过程中进行水样采集，并对采集的水样进行检测，依据检测结果对压载水管理系统的生物处理能力作出评价。

上海海洋大学船舶压载水检测试验室依托于上海海洋大学，成立于2008年9月，已经通过国家认可委CNAS的17025检测试验室资质。试验室现有成员18人，其中高级专业技术职务4人。下设接样室、水化学检测室、微生物检测室、显微镜室和样品储藏室。试验室致力于港口生态学的相关研究，主要开展港口海域和船舶压载水的浮游生物以及海洋环境微生物生态学研究工作，已在国内外学术刊物发表论文100余篇，获授权发明专利和实用新型专利20余项。试验室设施齐备，具有从事水体微生物检疫检测、水质因子检测和浮游生物检测的BOD<sub>5</sub>分析仪、TOC分析仪、分光光度计、体视显微镜、电导仪、浊度计等仪器设备。相关人员均经严格培训上岗，试验室博士6人、硕士12人均对所检测的参数领域具有一定的造诣。目前实验室能承担并专业致力于检测《国际船舶压载水和沉积物管理与控制公约》规定的船舶压载水排放标准的五项生物指标和10项水质指标参数：(1)

最小尺寸大于或等于50 $\mu\text{m}$ 的可生存生物；(2) 最小尺寸小于50 $\mu\text{m}$ 但大于10 $\mu\text{m}$ 的可生存生物；(3) 有毒霍乱弧菌(01和0139)；(4) 大肠杆菌；(5) 肠道球菌；(6) 异养菌总数；(7) 总残余氧化剂TRO；(8) 溶解氧DO；(9) 悬浮物TSS；(10) 浊度NTU；(11) 溶解性有机碳DOC；(12) 颗粒性有机碳POC；(13) pH；(14) 盐度；(15) 水温。

实验室本着求实和创新的精神，深入探索，力争把实验室建设成为我国具有一定影响力的船舶压载水检测实验室。

## 5.2 样品检测

水样采集完后，由检测人员进行相应的预处理，或加入相应的固定剂，放入冰柜中冷藏保存。由检测人员在船上进行检测，或在船舶靠岸后将样品在冷藏环境下运输至检测实验室进行检测，具体检测方法见检测单位出具的 QAPP。

## 6. 试验过程记录

### 6.1 试验记录与取样记录

在船上试验过程中，需记录每个试验循环的信息，主要分三方面：

- (1) 试验采样信息，填写取样记录表，见表 4；
- (2) 控制和监测设备自动记录的每次设备运行信息，填写试验记录表 5；

另外，试验记录还需记录取样港口位置以及当时的天气条件，试验过程中是否遭遇恶劣天气及其地点。

### 6.2 试验过程中系统的运行、维护与修理

海博士压载水管理系统安装到试验船舶后，将系统调试到正常工作状态后，开展试验。

试验过程中，为了更好了解系统运行状况和各器件的工作状态，每隔 2 个月定期对海博士压载水管理系统进行测试和维护。主要测试和维护内容包括：

- (1) 系统操作、控制是否正常，包括控制程序、触摸屏、按键等；
- (2) 取样装置是否工作正常，流速是否正常；

(3) 系统各主要器件是否工作正常，包括紫外灯、镇流器、照度传感器、液位开关、流量计、温度传感器等；

(4) 系统保存运行记录是否正常；

在维护记录中填写定期测试和维护的过程及异常情况的解决方法。在试验过程中，除按计划进行系统维护外，压载水管理系统如果出现工作异常或器件失效状况，进行维修，同样填写试验维护记录文件，见表 6；

表 4 取样记录表

| 项 目                       | 内 容 |
|---------------------------|-----|
| 取样日期                      |     |
| 船舶名称                      |     |
| 船舶识别号                     |     |
| 登记港                       |     |
| 船舶总吨位                     |     |
| 船舶建造日期                    |     |
| 压载水舱容                     |     |
| 试验地点（港口、码头）               |     |
| 取样舱的类型及位置                 |     |
| 取样舱的容积                    |     |
| 压载水的管理方法                  |     |
| 压载水处理系统构成                 |     |
| 样品标识码                     |     |
| 样品类型（大的/小的浮游生物、微生物）       |     |
| 采用的取样技术                   |     |
| 网（包括垂直拖网的高度、网口直径、孔尺寸）     |     |
| 泵（包括取样深度，泵流量 l/min）       |     |
| 瓶（包括取样深度、瓶容积 l）           |     |
| 使用的其他取样技术                 |     |
| 取样开始时间                    |     |
| 取样结束时间                    |     |
| 取样点形式（吸入/排放）              |     |
| 取样点位置（吸入/排放）              |     |
| 样品水量                      |     |
| 集中样品的筛或网的尺寸 $\mu\text{m}$ |     |
| 防腐剂（如使用）                  |     |
| 冷冻容器、暗箱（如有）               |     |

表 5 系统运行记录表

System operation record sheet of BWMS

|  |  |   |              |  |
|--|--|---|--------------|--|
| 试验单位<br>Entrustment organization             | 九江精密测试技术研究所<br>Jiujiang Precision Measuring Technology Research Institute  |   |              |  |
| 试验设备<br>Test equipment                       | <input type="checkbox"/> HBS-250 型海博士压载水管理系统/HBS-250 OceanDoctor BWMS<br><input type="checkbox"/> HBS-500 型海博士压载水管理系统/HBS-500 OceanDoctor BWMS |   |              |  |
| 额定处理能力<br>Treatment Rated Capacity           | <input type="checkbox"/> 250m <sup>3</sup> /h <input type="checkbox"/> 500m <sup>3</sup> /h  |   |              |  |
| 循环数<br>Test cycles                           |  | 试验开始/结束时间<br>Start time/End time                        | From      to |  |
| 压载地点<br>Uptake Location                      |  | 排放地点<br>Discharge location                              |              |  |
| 舱容<br>Capacity of the sampled tank           | <input type="checkbox"/> 300m <sup>3</sup><br><input type="checkbox"/> 600m <sup>3</sup>   | 压载水量<br>Ballast volume                                  |              |  |
| 是否遭遇恶劣天气<br>If Heavy weather was encountered |  | 遭遇恶劣天气的地点<br>Where did the heavy weather be encountered |              |  |
| Supervision unit                             | 中国船级社武汉分社<br>CCS Wuhan Branch  | 见证人<br>Surveyor   |              |  |
| 试验情况<br>Test information                     | 设备运行状态<br>Equipment running status   |   |              |  |
|  | 控制和监控系统的功能发挥<br>Functioning of control and monitoring system   |   |              |  |
|  | 系统参数<br>Engineering parameters   | 流量 Flow rate  |              |  |
|  |  | 剂量 UV Dose  |              |  |
|  |  | 进口压力outlet pressure                                     |              |  |
|  |  | 出口压力inlet pressure                                      |              |  |
|  |  | 反应单元温度: Tem. in the reaction unit                       |              |  |
| 电源柜内温度: Tem. in the power cabinet:           |  |   |              |  |

表 6 压载水管理系统维护记录表

No:

|        |  |
|--------|--|
| 维护日期   |  |
| 计划内维护  |  |
| 计划外维护  |  |
| 故障事实描述 |  |
| 故障原因分析 |  |
| 维修内容   |  |
| 维修结果   |  |
| 结果验证   |  |

## 7. 试验结果

根据 IMO 公约和 G8 导则要求，九江精密测试技术研究所研制的海博士压载水管理系统 HBS-250 (额定处理能力: 250m<sup>3</sup>) 和 HBS-500 (额定处理能力: 500m<sup>3</sup>) 两个型号的设备在顺安 328 号干货船上分别进行了五次航线和四次航线的实船试验，分别历时 194 天和 112 天。委托上海海洋大学船舶压载水检测实验室对船上试验的 9 个测试循环的水样进行采集和检测。检测结果表明：“海博士”压载水管理系统的生物有效性均满足 IMO 公约和 G8 导则相关要求。

### 7.1 生物有效性分析结果

九江精密测试技术研究所研制的海博士压载水管理系统 (250m<sup>3</sup>) 在顺安 328 号干货船上五次航线中进行了实船试验，共历时 194 天。试验中均遵循 G8 导则的时间要求，检测结果对照 G8 导则和 D2 标准，得出如下结论：

#### (1) $\geq 50 \mu\text{m}$ 生物

250m<sup>3</sup> 海博士压载水管理系统实船试验五个循环流入压载水的  $\geq 50 \mu\text{m}$  生物的密度范围在  $4.77 \times 10^3 \sim 1.81 \times 10^5$  个/m<sup>3</sup> 之间，平均为  $5.60 \times 10^4$  个/m<sup>3</sup>，符合 G8 导则要求。五个循环处理舱平均生物密度在排放时依次分别为 2.11 个/m<sup>3</sup>、1.89 个/m<sup>3</sup>、1.89 个/m<sup>3</sup>、1.78 个/m<sup>3</sup> 和 4.22 个/m<sup>3</sup>，而对照排放水则依次分别达 535.00 个/m<sup>3</sup>、 $1.18 \times 10^3$  个/m<sup>3</sup>、 $1.97 \times 10^4$  个/m<sup>3</sup>、 $8.01 \times 10^3$  个/m<sup>3</sup> 以及  $1.20 \times 10^4$  个/m<sup>3</sup>。处理舱排放水均达到 D-2 排放标准，对照排放水也完全满足 G8 导则要求。

#### (2) $10 \sim 50 \mu\text{m}$ 生物

250m<sup>3</sup> 海博士压载水管理系统实船试验第 013 循环压载时  $10 \sim 50 \mu\text{m}$  生物密度低于 G8 要求，因此为无效循环。后四个循环压载时  $10 \sim 50 \mu\text{m}$  生物密度在 160.00~621.67 个/mL 之间，平均为 292.09 个/mL，符合 G8 导则要求。处理舱排放时四个有效循环  $10 \sim 50 \mu\text{m}$  存活生物平均密度分别为 0.54 个/mL、0.46 个/mL、0.19 个/mL 和 0.26 个/mL，而对照排放水则依次达 56.67 个/mL、59.17 个/mL、74.00 个/mL 和 61.67 个/mL。处理舱排放水  $10 \sim 50 \mu\text{m}$  生物均达到 D-2 排放标准，对照排放水也完全满足 G8 导则要求。

### (3) 细菌微生物

250m<sup>3</sup>海博士压载水管理系统实船试验五个循环流入压载水中异养菌总数分别为(5.1×10<sup>3</sup>)个/mL、(3.4×10<sup>4</sup>)个/mL、(1.6×10<sup>6</sup>)个/mL、(5.3×10<sup>4</sup>)个/mL和(1.4×10<sup>3</sup>)个/mL,五个循环处理舱排放水中异养菌平均浓度依次分别为908.9个/mL、137.4个/mL、954.4个/mL、155.2个/mL和280.9个/mL。而对照舱排放水异养菌浓度分别为(7.2×10<sup>5</sup>)个/mL、(4.1×10<sup>4</sup>)个/mL、(7.6×10<sup>5</sup>)个/mL、(7.9×10<sup>4</sup>)个/mL和670.0个/mL,符合G8导则的规定。实船试验循环中流入压载水的大肠杆菌平均浓度在23.0~2.0×10<sup>6</sup>CFU/100mL之间,而处理舱排放水大肠杆菌浓度均值分别为17.1CFU/100mL、25.1CFU/100mL、<18CFU/100mL、17.9CFU/100mL和<3.3CFU/100mL,对照舱排放水中大肠杆菌平均浓度则依次为533.3CFU/100mL、(4.3×10<sup>5</sup>)CFU/100mL、(9.1×10<sup>5</sup>)CFU/100mL、(6.8×10<sup>4</sup>)

九江精密测试技术研究所研制的海博士压载水管理系统(500m<sup>3</sup>)在顺安328号干货船上四次航线中进行了实船试验,共历时112天。试验中均遵循G8导则的时间要求,检测结果对照G8导则和D2标准,得出如下结论:

#### (1) ≥50 μ m 生物

500m<sup>3</sup>海博士压载水管理系统实船试验四个循环流入压载水的≥50 μ m 生物的密度范围在7.95×10<sup>3</sup>~7.53×10<sup>4</sup>个/m<sup>3</sup>之间,平均为3.68×10<sup>4</sup>个/m<sup>3</sup>,符合G8导则要求。四个循环处理舱平均生物密度在排放时依次分别为3.00个/m<sup>3</sup>、3.11个/m<sup>3</sup>、3.22个/m<sup>3</sup>和3.00个/m<sup>3</sup>,而对照排放水则依次分别达5.84×10<sup>3</sup>个/m<sup>3</sup>、4.45×10<sup>4</sup>个/m<sup>3</sup>、3.41×10<sup>4</sup>个/m<sup>3</sup>以及1.65×10<sup>4</sup>个/m<sup>3</sup>。处理舱排放水均达到D-2排放标准,对照排放水也完全满足G8导则要求。

#### (2) 10~50 μ m 生物

500m<sup>3</sup>海博士压载水管理系统实船试验四个循环压载时10~50 μ m 生物密度在165.0~751.67个/mL之间,平均为386.00个/mL,符合G8导则要求。处理舱排放时四个有效循环10~50 μ m 存活生物平均密度分别为0.27个/mL、0.36个/mL、0.25个/mL和0.32个/mL,而对照排放水则依次达157.50个/mL、151.00个/mL、194.33个/mL和100.00个/mL。处理舱排放水10~50 μ m 生物均达到D-2排放标准,对照排放水也完全满足G8导则要求。

### (3) 细菌微生物

500m<sup>3</sup>海博士压载水管理系统实船试验四个循环流入压载水中异养菌总数分

别为 $(8.9 \times 10^5)$ 个/mL、 $(1.6 \times 10^6)$ 个/mL、 $(1.1 \times 10^6)$ 个/mL和500.0个/mL，四次循环处理舱排放水中异养菌平均浓度依次分别为395.6个/mL、585.6个/mL、978.9个/mL和533.3个/mL。而对照舱排放水异养菌浓度分别为 $(1.5 \times 10^4)$ 个/mL、 $(4.8 \times 10^5)$ 个/mL、 $(4.6 \times 10^5)$ 个/mL和600个/mL，符合G8导则的规定。实船试验循环中流入压载水的大肠杆菌平均浓度在 $255.3 \sim 5.1 \times 10^6$  CFU/100mL之间，而处理舱排放水大肠杆菌浓度均值分别为14.9 CFU/100mL、25.6 CFU/100mL、21.6 CFU/100mL和 $<4.6$ CFU/100mL，对照舱排放水中大肠杆菌平均浓度则依次为 $(4.5 \times 10^4)$  CFU/100mL、 $(2.8 \times 10^6)$  CFU/100mL、 $(7.7 \times 10^5)$  CFU/100mL和 $<10.7$  CFU/100mL，均满足G8导则和D-2排放标准。四次实船循环试验排放压载水中均未检测出肠道球菌和霍乱弧菌。